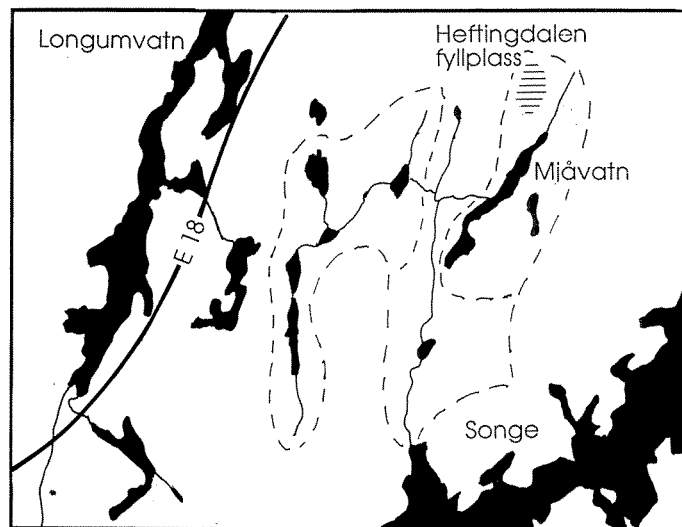


RAPPORT LNR 3629-97

Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1996



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1996.	Løpenr. (for bestilling) 3629-97	Dato 21.03.97	
	Prosjektnr. Undernr. O-85063	Sider 21	Pris 75,-
Forfatter(e) Kaste, Øyvind Håvardstun, Jarle	Fagområde Eutrofi ferskvann	Distribusjon	
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA	

Oppdragsgiver(e) Arendal kommune	Oppdragsreferanse
-------------------------------------	-------------------

Sammendrag

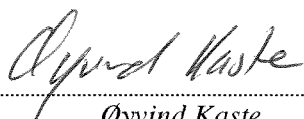
Vannkvaliteten i Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass overvåkes løpende for å kontrollere eventuelle gjennomslag av overvann til innsjøen.

Årsmiddelkonsentrasjonene av total fosfor i Mjåvann i 1995 og 1996 var de høyeste siden 1989/1990. Basert på SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann lå Mjåvann i tilstandsklasse III ("nokså dårlig") for middelkonsentrasjoner av fosfor.

Den hygieniske vannkvaliteten i Mjåvann i 1996 var relativt dårlig i 1996. Den nordligste stasjonen i Mjåvann kvalifiserte i 1996 ikke til betegnelsen "godt badevann", ifølge Folkehelsas kvalitetskrav. Det er imidlertid store år til år variasjoner i bakterietallene, slik at det er vanskelig å påvise trender i materialet.

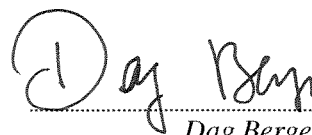
Nitrogenkonsentrasjonene i grunnvannet nedstrøms Heftingsdalen har økt de to siste årene. I overvannet fra søppelfyllplassen ble det registrert høye konsentrasjoner av bl.a. total fosfor, total nitrogen, jern, bly, kadmium.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Overvåking	1. Monitoring
2. Søppelfylling	2. Garbage dump
3. Avrenning	3. Runoff
4. Vannkvalitet	4. Water quality



Øyvind Kaste
Prosjektleder

ISBN 82-577-3187-0



Dag Berge
Forskningssjef

**Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen
søppelfyllplass i 1996**

Forord

På oppdrag for Arendal kommune gjennomfører NIVA-Sørlandsavdelingen en overvåking av vassdraget nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass.

Programmet for undersøkelsen ble opprinnelig utarbeidet i samarbeid med Nidarkretsen (interkommunalt selskap før kommunesammenslåingen den 1.1.1992) og Miljøvernabdelingen i Aust-Agder. Det er siden revidert i samråd med Arendal kommune. Overvåkingen skal klarlegge om avrenningen fra fyllplassen har uheldige konsekvenser for vannkvaliteten i Mjåvann og Songebekken.

Agderforskning-Teknikk i Grimstad (KM-lab fra 1.9.96) har analysert vannprøvene. Næringsmiddeltilsynet i Aust-Agder (KM-lab fra 1.9.96) har analysert bakterieprøvene. Prøvetaking, databearbeiding og rapportering gjennomføres av NIVA.

NIVA er også bedt om å vurdere vannkjemiske analyser fra to prøvebrønner, samt overvann fra fyllplassen. En slik vurdering er tatt med i eget avsnitt.

Grimstad, 21. mars 1997

Øyvind Kaste

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
1.1 Områdebeskrivelse	7
1.2 Tidligere undersøkelser	8
1.3 Målsetting og program	8
1.4 Nedbør i 1996	9
2. Resultater og diskusjon	10
2.1 Fysisk-kjemiske forhold	10
2.2 Forekomst av tarmbakterier	16
2.3 Kjemiske analyser fra grunnvannsbrønnene	17
2.4 Kjemiske analyser av overvann som ledes til kommunalt avløpsnett.	17
3. Litteratur	20
Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem	21

Sammendrag

I forbindelse med etablering og drift av Heftingsdalen søppelfyllplass i Songevassdraget, Arendal kommune, er det en løpende overvåking av vannkvaliteten i Mjåvann rett nedstrøms søppelfyllplassen. Disse undersøkelsene har som formål å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen på vassdraget; enten via grunnvannet eller dersom det forekommer overløp fra fangdammen som samler overvann fra fyllplassområdet. Ved et eventuelt overløp skal overvåkingsprogrammet påvise eventuelle virkninger på økosystemet i Songevassdraget. Ved to anledninger, i 1986 og 1995, har overvann fra fyllplassen flommet over fangdammen og ut i Mjåvann.

Næringssalter og klorofyll

Årsmiddelkonsentrasjonene av total fosfor i Mjåvann i 1995 og 1996 var de høyeste siden 1989/1990. De to tidsperiodene er imidlertid ikke direkte sammenlignbare, i og med at det foreligger kun tre årlige prøver fra tiden 1988-90. Konsentrasjonene av total nitrogen i Mjåvann og Bjørendalstjern i 1995 og 1996 var også forholdsvis høye sammenlignet med tidligere år. På grunn av store år til år variasjoner (f.eks. variasjoner i nedbørforhold) er det foreløpig for tidlig å fastslå om dette er en trend. Konsentrasjonen av ammonium i Mjåvann var i 1996 nede på et normalt nivå igjen etter at det ble målt høye verdier i forbindelse med oversvømmelsen i Heftingsdalen høsten 1995.

Klorofyll-konsentrasjonen i Mjåvann var i 1996 lavere enn i 1995. Store år til år variasjoner medfører imidlertid at algebiomassen i Mjåvann er en forholdsvis dårlig indikator på trofinivået. Årsaken til de store klorofyll-svingningene i perioden 1991-1996 er trolig at flagellaten *Gonyostomum semen* dominerer planteplanktonet. Denne algen er kjent for å foreta vertikale vandringer i vannsøylen, noe som gjør det vanskelig å foreta representativ prøvetaking.

Basert på SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann lå Mjåvann i tilstandsklasse III ("nokså dårlig") for middelkonsentrasjoner av fosfor og innenfor tilstandsklasse V ("meget dårlig") når det gjaldt klorofyll. Bjørendalstjern lå i 1995 innenfor tilstandsklasse III for både fosfor og klorofyll. Basert på FOSRES-modellen for fosforbelastning i grunne innsjøer er fosforkonsentrasjonen helt på grensen av hva som kan kalles akseptabelt både i Mjåvann og Bjørendalstjern.

Tarmbakterier

Det ble i 1996 gjennomsnittlig påvist 66, 25 og 9 termotabile koliforme bakterier (TKB) i på tre stasjoner i Mjåvann (hhv. nord, midten og sør). De høyeste bakteriekonsentrasjonene i 1996 ble påvist i "bademåned" august, med >300, 85 og 35 TKB ved de samme tre stasjonene. Den nordligste stasjonen kvalifiserte i 1996 ikke til betegnelsen "godt badevann", i og med at Folkehelsas krav på <100 TKB/100 ml ble overskredet med over 100% i en enkeltprøve. Det må her tillegges at overvåkingsprogrammet ikke fullt ut oppfyller Folkehelsas krav til prøvetakingshyppighet, i og med at det kun er tatt månedlige prøver. Ved de to øvrige stasjonene i Mjåvann lå alle enkeltverdiene under Folkehelsas krav til godt badevann. I Bjørendalstjern ble det registrert TKB i 4 av 6 prøver i 1996, med 10 TKB/100 ml som den høyeste bakteriekonsentrasjonen.

Grunnvann fra fyllplassområdet

Nitrogenkonsentrasjonene i de to prøvebrønnene nedstrøms Heftingsdalen har økt de to siste årene. Utviklingen i grunnvannet og i Mjåvann bør derfor følges spesielt nøye framover, for å registrere eventuelle endringer i dette forholdet over tid. Forøvrig skiller vannkvaliteten i prøvebrønnene seg lite fra vannkvaliteten i Mjåvann. Med unntak av nitrogenutviklingen er det derfor foreløpig liten fare for at vannmassene i Mjåvann forurenses via grunnvannet.

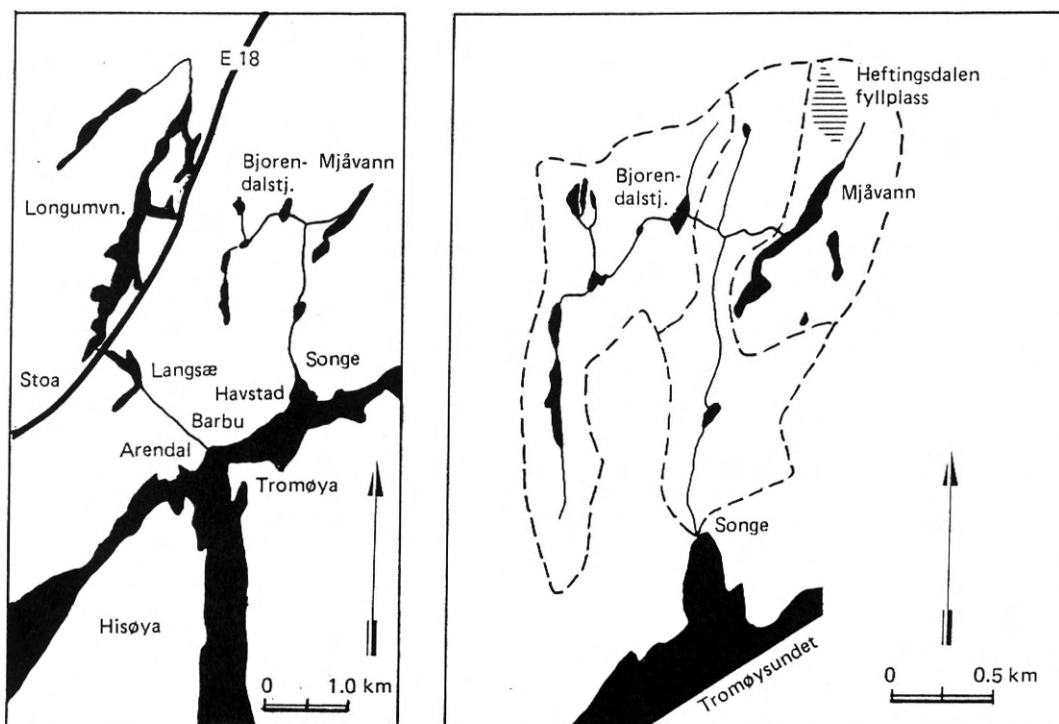
Overvann fra fyllplassområdet

Medianverdiene for total fosfor, total nitrogen, bly og kadmium i 1996 er blant de høyeste som er målt i overvåkingsperioden. Spesielt bør en være oppmerksom på utviklingen mht. tungmetallene bly og kadmium ved den videre overvåkingen. Høye medianverdier også i 1990 understreker imidlertid at variasjonen er stor og at det er vanskelig på registrere trender i materialet. Faren for forurensning av Mjåvann fra Heftingsdalen søppelfyllplass vil være liten, så lenge overvannet ledes utenom innsjøen. Høye verdier i prøvene viser imidlertid at konsekvensene for Mjåvann kan bli merkbare dersom dersom det oppstår et nytt overløp av noe størrelse.

1. Innledning

1.1 Områdebeskrivelse

Mjåvann - Songevassdraget ligger i Arendal kommune (**Figur 1**). Fra 1986 ble Heftingsdalen i den nordvestre delen av Mjåvanns nedbørfelt tatt i bruk som søppelfyllplass. Fyllplassen utgjør knapt 10% av nedbørfeltets areal. I **Tabell 1** er det gitt en del morfometriske og hydrologiske data. Overvannet fra søppelfyllplassen blir samlet opp ved dam nederst i dalføret, og ført ut av Songevassdragets nedbørfelt. I den grad dette lykkes fullt ut, skal det ikke bli noen direkte forurensningsbelastning på Mjåvann.



Figur 1. Songevassdragets nedbørfelt. Søppelfyllplassen er skravert i figuren.

Det er utarbeidet dybdekart for Mjåvann, men ikke for Bjørendalstjern. Bjørendalstjern har et overflateareal på omlag 0,04 km² og et nedbørfelt på 2,8 km². Teoretisk oppholdstid er trolig omlag en tredel av den som er beregnet for Mjåvann. Andre morfometriske og hydrologiske data for vassdraget finnes i **Tabell 1**.

Vassdraget er sterkt humuspreget. Vannet har relativt høy pH (> 6.0) og ledningsevne fordi det påvirkes av marine avsetninger. Vassdraget er dermed fiskerikt, på tross av at området er sterkt belastet med sur nedbør. I Mjåvanns nedbørfelt er det svært lite dyrket mark, og bare enkelte bolighus. I nedbørfeltet til Bjørendalstjern er det noe større landbruksaktivitet. Området blir brukt til friluftsliv, bading og fiske.

Tabell 1. Morfometriske og hydrologiske data for Mjåvann. Etter Boman (1982).

Høyde over havet	31	m
Innsjøareal	0,127	km ²
Nedbørfeltareal	2,15	km ²
Heftingsdalens areal	0,192	km ²
Volum	0.65	mill. m ³
Maks. dyp	9.4	m
Middeldyp	5.1	m
Teor. oppholdstid *)	0.35	år

*) uten Heftingsdalen og basert på spes. avrenning på 30 l/s·km²

1.2 Tidligere undersøkelser

Det ble tatt en vannprøveserie fra Mjåvann den 1. nov 1982 og gjort en del morfometriske og hydrologiske målinger og beregninger. Disse, sammen med en vurdering av resipientforholdene i Mjåvann, er presentert i notat av Boman (1982).

I 1985 ble det gjort en noe større undersøkelse av biologisk materiale (fisk, bunndyr, begroing) og av innsjøsedimenter. Resultatene av alle disse undersøkelsene er presentert i et notat av Lande og Boman (1986). Det ble påvist relativt høye konsentrasjoner av kadmium, bly og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentkjernene. Dette er resultater fra perioden før søppelfyllplassen ble tatt i bruk, slik at sedimentenes relativt høye innhold av slike stoffer er tilskrevet andre kilder. Overvåkingsresultater fra 1986 er presentert som notat av Lande (1986).

Data fra 1987 er rapportert av Hindar (1988). Sedimentene hadde også ved disse undersøkelsene høyt innhold av kadmium, bly og PAH. Dette tilskrives lokale luftforurensningskilder og/eller langtransportert forurensset luft og nedbør. Resultatene for perioden 1988-1996 er rapportert av Hindar (1989, 1992), Kroglund og Hindar (1990, 1991) og Kaste (1994, 1995a, 1996).

1.3 Målsetting og program

Målet med undersøkelsene er:

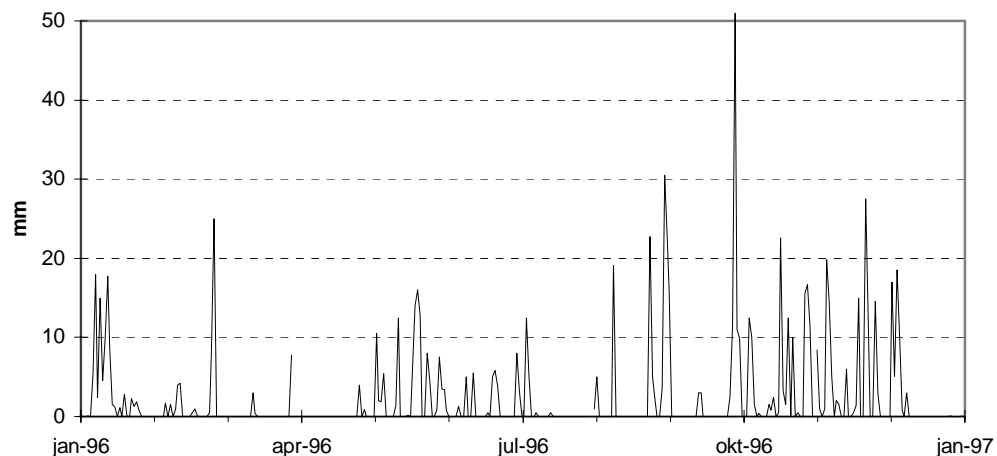
- å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen på vassdraget; enten via grunnvannet eller dersom det forekommer overløp fra fangdammen som samler overvann fra fyllplassområdet.
- Ved et eventuelt overløp skal overvåkingsprogrammet påvise eventuelle virkninger på økosystemet i vassdraget.

Programmet for undersøkelsene i 1996 fulgte stort sett samme prosedyre som i perioden 1993-1995. Det ble i 1996 tatt 6 vannkjemiske og bakteriologiske prøveserier i Bjorendalstjern og Mjåvann.

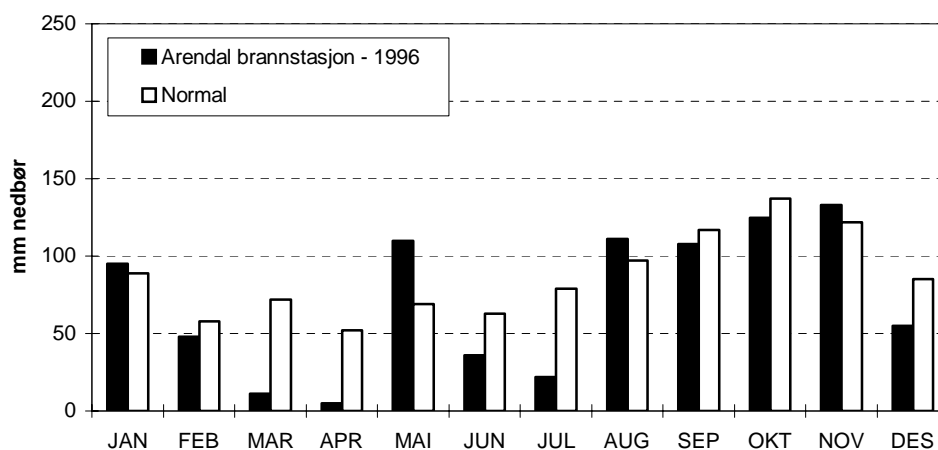
1.4 Nedbør i 1996

Meteorologisk stasjon : Arendal brannstasjon

Årsnedbør 1996: 859 mm
Normalt: 1040 mm
% av normalen: 83



Figur 2. Døgnnedbør i 1996 ved Arendal brannstasjon (DNMI 1997).



Figur 3. Månedlig nedbør i 1996 ved Arendal brannstasjon. Normal månedsnedbør for perioden 1961-1990 er angitt (DNMI 1997).

2. Resultater og diskusjon

2.1 Fysisk-kjemiske forhold

Temperatur og oksygen

Ved den første prøvetakingsrunden i månedsskiftet mai/juni var det en klar temperaturstratifikasjon i begge innsjøer, med overflatetemperaturer på 13-15 °C (**Tabell 2**). I Bjorendalstjern holdt bunnvannets temperatur seg forholdsvis konstant på 4-5 °C sommeren gjennom. I Mjåvann, som er mer vindeksponert og dessuten grunnere med større overflateareal, hadde bunnvannet høyere temperatur, omlag 8-10 °C. Den forholdsvis svake temperatur-sjiktningen i Mjåvann fører til at innsjøen vanligvis sirkulerer før Bjorendalstjern om høsten. Sistnevnte innsjø hadde ennå ikke sirkulert den 30. oktober 1996.

Tabell 2. Temperatur og oksygenutvikling i Mjåvann og Bjorendalstjern 1996.

Mjåvann Dato	Temperatur			O ₂ 8m	Bjorendalstj. Dato	Temperatur			O ₂ 12m
	1m	4m	8m			1m	4m	12m	
04/06/96	15,4	10,3	7,8	5,0	30/05/96	13,0	6,9	4,3	0,1
26/06/96	20,3	11,2	7,8	1,5	26/06/96	19,4	9,4	4,3	0,1
16/07/96	18,9	17,2	8,4	1,5	16/07/96	18,3	8,5	4,4	0,1
20/08/96	22,1	17,7	9,5	0,2	20/08/96	21,1	10,9	4,6	0,0
02/10/96	11,4	11,4	8,4	0,0	02/10/96	10,5	10,2	4,5	0,0
30/10/96	8,6	8,5	8,5	8,1	30/10/96	8,0	7,5	4,5	0,1

Disse forskjellene i temperaturstratifikasjon har stor betydning for oksygenutviklingen i de to innsjøenes bunnvann. I Mjåvann var det i 1996 som i tidligere år et betydelig oksygenavtak i løpet av sommeren og høsten, fra 5,0 mg/l i begynnelsen av juni til oksygenfrie forhold og produksjon av hydrogensulfid (H₂S) i begynnelsen av oktober. Ved prøvetakingen i slutten av oktober var innsjøen i sirkulasjon, slik at bunnvannet igjen fikk innblandet rikelig med oksygen.

Bjorendalstjern hadde nær oksygenfritt bunnvann allerede i slutten av mai. Dette skyldes sannsynligvis at innsjøens sirkulasjon denne våren var ufullstendig, pga. rask oppvarming av overflatevannet etter at isen gikk. Bunnvannet i Bjorendalstjern var fullstendig oksygenfritt ved prøvetakingene den 20/8 og 2/10, og produksjon av H₂S ble påvist. Ved siste prøvetaking sent i oktober var temperatursjiktningen i ferd med å bli brutt, slik at små mengder oksygen hadde blandet seg med bunnvannet.

Det relativt høye oksygenforbruket i de to innsjøene skyldes nedbrytning av organisk materiale som er produsert i og utenfor innsjøen. Begge innsjøer har forholdsvis høy vannfarge (50-60 mg Pt/l i middel), noe som tyder på at tilførsler av naturlig organisk materiale (bl.a. humusstoffer) har stor betydning for oksygenforbruket (**Tabell 3**).

Næringssalter og klorofyll

Mjåvann hadde i 1996 forholdsvis høye konsentrasjoner av total fosfor (11-25 µg/L) og stor variasjon i konsentrasjoner av klorofyll (1,5-45,8 µg/L) (**Tabell 3**). Til sammenligning hadde Bjorendalstjern total fosfor konsentrasjoner på 11-15 µg/L og klorofyll-konsentrasjoner på 1,2-6,6 µg/L. Konsentrasjonene av løst, algetilgjengelig fosfat var under, eller nær deteksjonsgrensen på 2,0 µg P/L.

Dette viser at mesteparten av fosforet var organisk bundet (f.eks. i planktonbiomasse eller humus), og at tilførsler av løst fosfat raskt ble tatt opp biologisk. De høye klorofyll-konsentrasjonene som ble målt i Mjøvann i perioden juni-august skyldes sannsynligvis, som i tidligere år, dominans av algen *Gonyostomum semen* (Kaste 1995a).

Begge innsjøene har forholdsvis høye konsentrasjoner av total nitrogen, 590 og 720 µg/L som årsmiddel i hhv. Mjøvann og Bjørendalstjern. Nitrat utgjorde en større andel av total nitrogen i Bjørendalstjern enn i Mjøvann. Dette skyldes i stor grad lave nitrat-konsentrasjoner i Mjøvann i perioden juli-oktober, trolig som følge av stort biologisk opptak. Ammonium-konsentrasjonen i de to innsjøene var omlag lik i 1996. Det relativt høye nivået som ble målt i Mjøvann sent i oktober kan skyldes innblanding av ammonium-rikt bunnvann under høst-fullsirkulasjonen.

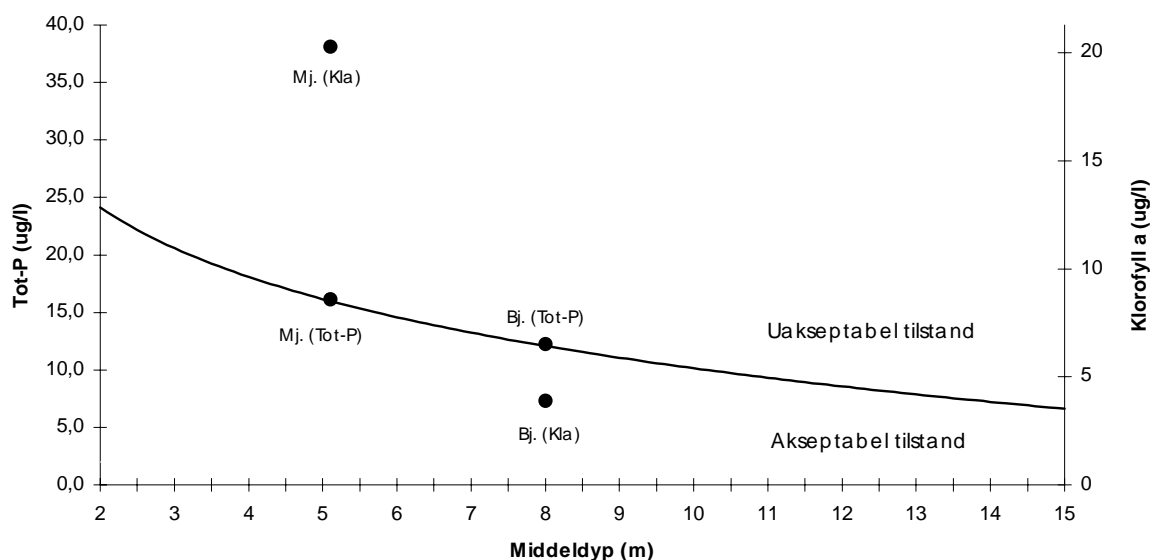
Basert på SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann (vedlegg A) lå Mjøvann i tilstandsklasse III ("nokså dårlig") for middelkonsentrasjoner av fosfor og innenfor tilstandsklasse V ("meget dårlig") når det gjaldt klorofyll. Bjørendalstjern lå i 1995 innenfor tilstandsklasse III for både fosfor og klorofyll. I og med at begge innsjøene ligger under marin grense (ca 70 moh. i området), vil de fra naturens side ha høyere ioneinnhold og være mer næringsrike enn innsjøer som ligger over denne grensen. Bortsett fra søppelfyllplassen ved Mjøvann, samt litt landbruksaktivitet rundt Bjørendalstjern, er det ikke kjente, stasjonære forurensningskilder i de to innsjøenes nedbørfelter. En bieffekt av søppelfyllplassen er en økt måkebestand som bidrar til gjødsling av Mjøvann.

Tabell 3. Fysisk-kjemiske resultater 1996 for blandprøver fra 0-4 meters dyp.

Dato	pH	Kond mS/m	Farge mg Pt/l	Turb FTU	Tot-P µg/l	Orto-P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	NH ₄ -N µg/l	TOC mg/l	Kla µg/l
Mjøvann											
04/06/96	6,16	5,31	66	0,63	18	<2,0	755	300	25	7,68	7,4
26/06/96	6,25	5,41	66	0,42	14	<2,0	600	235	15	8,65	19,5
16/07/96	6,73	5,49	67	0,45	25	2,4	620	75	10	8,23	45,8
20/08/96	6,44	5,31	52	0,49	17	<2,0	360	<10	5	7,60	38,5
02/10/96	6,35	5,47	64	0,55	13	<2,0	615	55	56	8,45	9,2
30/10/96	6,33	5,95	83	0,85	11	<2,0	590	110	150	8,83	1,5
Middel	6,38	5,49	66	0,57	16	2,1	590	131	44	8,24	20,3
Bjørendalstjern											
30/05/96	6,23	6,08	48	0,54	11	<2,0	790	395	15	7,32	5,6
26/06/96	6,38	6,16	50	0,48	11	<2,0	680	340	30	7,33	4,2
16/07/96	6,23	6,01	51	0,40	12	3,3	690	245	70	7,06	3,3
20/08/96	6,42	6,12	48	0,63	10	<2,0	680	145	40	7,75	6,6
02/10/96	6,39	6,71	54	0,55	15	2,5	820	270	75	7,92	2,2
30/10/96	6,29	7,32	60	0,85	10	3,2	660	285	75	7,29	1,2
Middel	6,32	6,40	52	0,58	12	2,5	720	280	51	7,45	3,9

Basert på FOSRES-modellen for fosforbelastning i grunne innsjøer (Berge 1987) kan Mjøvann med et middeldyp på 5.1 meter tåle en midlere fosforkonsentrasjon i sommerperioden på omkring 16 $\mu\text{g P/l}$ (**Figur 4**). Midlere konsentrasjon av total fosfor var 16 $\mu\text{g P/l}$ i 1996, noe som altså ligger helt på grensen av hva som kan kalles akseptabelt. Ut fra samme modellbetraktning må klorofyll-konsentrasjoner over 8-9 $\mu\text{g/l}$ karakteriseres som uakseptabelt i Mjøvann. Midlere klorofyll-konsentrasjon i 1996 var 20,3 $\mu\text{g/l}$, men tatt i betraktning at en stor del av biomassen sannsynligvis bestod av den mobile flagellaten *Gonyostomum semen* vil det være mest riktig å legge vekt på fosforkonsentrasjonen som et mål på belastning (Kaste 1995a). *Gonyostomum semen* utnytter sannsynligvis næringsressurser dypere ned i innsjøen og vil derfor være forholdsvis uavhengig av næringssaltkonsentrasjonen i overflatevannet.

Bjørendalstjern har et antatt middeldyp på 8 meter (Hindar 1992) og kan derfor tåle en midlere fosforkonsentrasjon i sommerperioden på omkring 12 $\mu\text{gP/l}$ og en klorofyllkonsentrasjon på 6-7 $\mu\text{g/l}$. Midlere konsentrasjon av total fosfor i Bjørendalstjern var 12 $\mu\text{gP/l}$ i 1996, altså på grensen av det akseptable. Midlere klorofyllkonsentrasjon i Bjørendalstjern var i 1996 på et akseptabelt nivå med 3,9 $\mu\text{g/L}$.



Figur 4. Grense for akseptabelt trofinivå i innsjøer med forskjellig middeldyp. Middelkonsentrasjon for klorofyll (Kla) og totalfosfor (Tot-P) er markert for Mjøvann (Mj) og Bjørendalstjern (Bj). Kurven er hentet fra Berge (1987).

Vannkvalitetsutvikling 1988-1996

Årsmiddelkonsentrasjonene av total fosfor i Mjøvann i 1995 og 1996 var de høyeste siden 1989/1990 (**Tabell 4**). De to tidsperiodene er imidlertid ikke direkte sammenlignbare, i og med at det foreligger kun

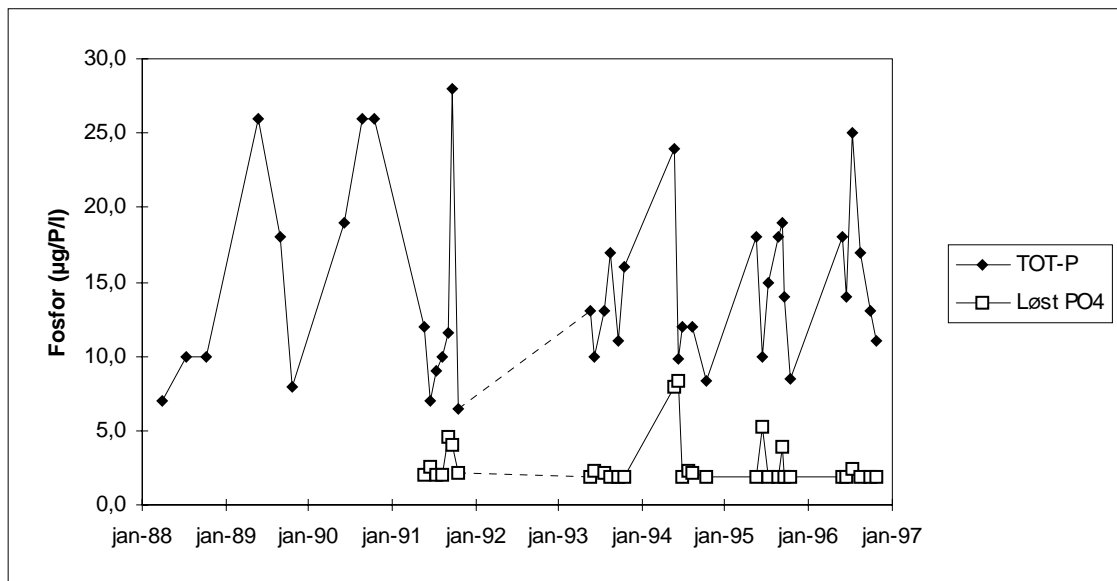
tre årlige prøver fra tiden 1988-90. Som det framgår av **Figur 5** og **Figur 6** varierer konsentrasjonen av total fosfor mye i de to innsjøene gjennom vekstsesongen, spesielt i Mjøvann. Den store variasjonen i Mjøvann kan ha sammenheng med algen *Gonyostomum semen*, som er kjent for å foreta vertikale migrasjoner i vannmassene. Konsentrasjonen av løst fosfat var lav i begge innsjøer i 1996.

Konsentrasjonene av total nitrogen i Mjøvann og Bjørendalstjern i 1995 og 1996 var forholdsvis høye sammenlignet med den foregående overvåkingsperioden (**Tabell 4**, **Figur 7**, **Figur 8**). På grunn av store år til år variasjoner (f.eks. variasjoner i nedbørforhold) er det foreløpig for tidlig å fastslå om dette er et ledd i en trend. Konsentrasjonen av ammonium i Mjøvann var i 1996 nede på et normalt nivå igjen etter at det ble målt høye verdier i forbindelse med oversvømmelsen i Heftingsdalen høsten 1995 (Kaste 1995b).

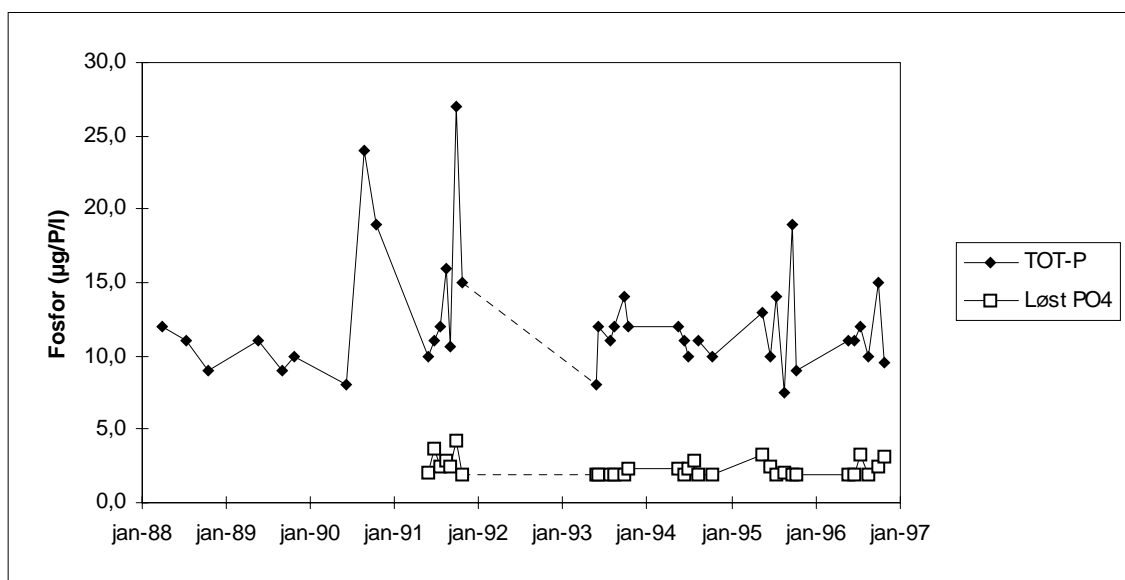
Klorofyll-konsentrasjonen i Mjøvann var i 1996 lavere enn i 1995 (**Tabell 4**). Store år til år variasjoner medfører imidlertid at algebiomassen i Mjøvann er en forholdsvis dårlig indikator på trofinivået. Årsaken til de store klorofyll-svingningene i perioden 1991-1996 er trolig at flagellaten *Gonyostomum semen* dominerer planteplanktonet. Denne algen er kjent for å foreta vertikale vandringer i vannsøylen, noe som gjør det vanskelig å foreta representativ prøvetaking (Cronberg et al. 1988, Hongve et al. 1988). I Bjørendalstjern var den gjennomsnittlige algebiomassen i 1996 blant de laveste som er målt siden overvåkingen startet i 1988.

Tabell 4. Middelverdier for et utvalg kjemiske parametre fra perioden 1988-1996.

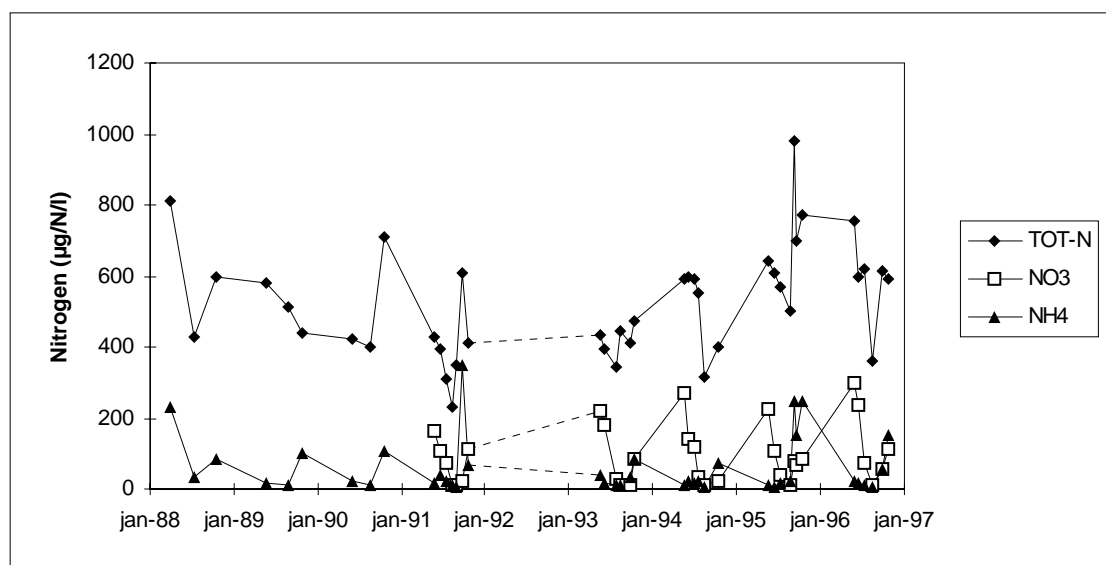
År	Antall målinger	Kond mS/m	Farge mg Pt/l	Tot-P µg/l	Orto-P µg P/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg N/l	NH ₄ -N µg N/l	TOC mg/l	Kl.a µg/l
Mjøvann										
1988	3	5,13	-	9	-	612	-	117	-	-
1989	3	5,33	60	17	-	510	-	42	-	-
1990	3	6,57	51	24	-	512	-	47	-	-
1991	7	6,97	52	12	2,7	391	71	73	-	13,7
1993	6	6,59	53	13	2,0	418	129	33	7,1	30,9
1994	7	5,80	57	11	4,1	508	99	26	7,6	16,1
1995	7	5,75	78	15	2,7	681	88	100	8,7	32,6
1996	6	5,49	66	16	2,1	590	131	44	8,2	20,3
Bjørendalstjern										
1988	3	5,70	-	11	-	765	-	200	-	-
1989	3	6,53	33	10	-	660	-	31	-	-
1990	3	7,60	54	17	-	648	-	42	-	-
1991	7	7,47	58	15	3,0	500	140	67	-	7,3
1993	6	7,71	43	12	2,0	356	152	33	6,1	8,5
1994	7	5,52	49	10	2,2	619	172	30	6,6	3,9
1995	6	6,24	63	12	2,2	632	163	27	7,4	6,1
1996	6	6,40	52	12	2,5	720	280	51	7,5	3,9



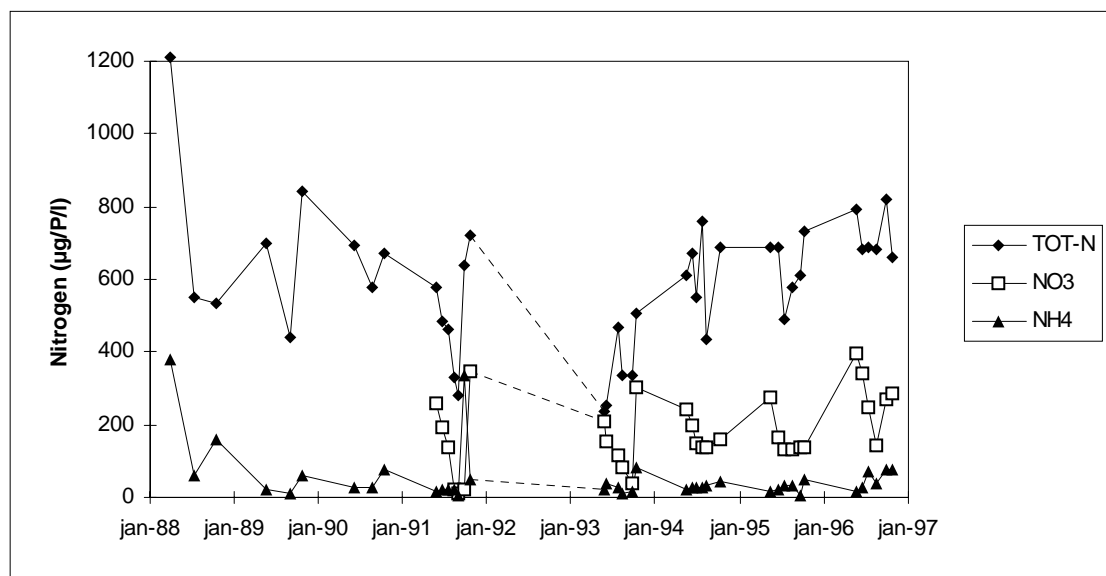
Figur 5. Variasjon i konsentrasjonen av fosforfraksjoner i Mjøvann 1988-1996.



Figur 6. Variasjon i konsentrasjonen av fosforfraksjoner i Bjørendalstjern 1988-1996.



Figur 7. Variasjon i konsentrasjonen av nitrogenfraksjoner i Mjøsvann 1988-1996.



Figur 8. Variasjon i konsentrasjonen av nitrogenfraksjoner i Bjørendalstjern 1988-1996.

2.2 Forekomst av tarmbakterier

Folkehelsas kvalitetskrav til godt badevann ble i 1994 endret fra <50 til <100 TKB/100 ml som geometrisk middel (Statens helsetilsyn 1994). Grenseverdien kan bare overskrides med inntil 100% for høyst 10% av enkeltprøvene (SIFF 1976, 1987). Det må her tillegges at overvåkingsprogrammet ikke fullt ut oppfyller Folkehelsas krav til prøvetakingshyppighet, i og med at det kun er tatt månedlige prøver.

Det ble i 1996 påvist termotabile koliforme bakterier (TKB) i samtlige prøver fra hovedstasjonen og den nordre stasjonen i Mjåvann (**Tabell 5**). På den sørlige stasjonen i Mjåvann ble det påvist TKB i 5 av 6 prøver. Det ble i 1996 gjennomsnittlig påvist 66, 25 og 9 TKB i på de tre stasjonene i Mjåvann (nord, hovedstasjon og sør). Som i de fleste tidligere år var bakteriekonsentrasjonen høyest ved den nordligste stasjonen, som ligger nærmest Heftingsdalen. Dette har trolig sammenheng at måker fra søppelfyllplassen ofte oppholder seg i denne delen av innsjøen. De høyeste bakteriekonsentrasjonene i 1996 ble påvist i "bademåned" august, med >300, 85 og 35 TKB ved hhv. stasjon nord, hovedstasjonen og stasjon sør. Den nordligste stasjonen kvalifiserer dermed ikke til betegnelsen "godt badevann", i og med at Folkehelsas krav på <100 TKB/100 ml overskrides med over 100% i en av prøvene. Ved de to øvrige stasjonene i Mjåvann ligger alle enkeltverdiene under Folkehelsas krav til godt badevann. I Bjorendalstjern ble det registrert TKB i 4 av 6 prøver i 1996, med 10 TKB/100 ml som høyeste verdi.

Sammenlignet med tidligere år var bakteriekonsentrasjonene i 1996 blant de høyeste som er registrert i Mjåvann (**Tabell 6**). Det er imidlertid store år til år variasjoner i bakterietallene, slik at det er vanskelig å påvise trender i materialet. Klimatiske forhold, hydrologi (vanngjennomstrømning) og variasjoner i forekomsten av måker er trolig faktorer som innvirker på de hygieniske forholdene i innsjøen.

Tabell 5. Antall termotabile koliforme bakterier per 100 ml vann i Mjåvann og Bjorendalstjern i 1996.

Dato	Mjåvann			Bjorendalstj.
	Nord	Hovedst.	Sør	
04/06/96	30	13	0	1
26/06/96	30	27	3	3
16/07/96	20	12	4	0
20/08/96	>300	85	35	0
02/10/96	9	8	4	9
30/10/96	5	5	7	10
Middel	66	25	9	4

Tabell 6. Termotabile koliforme bakterier i årene 1988-1996 (middeltall).

År	Ant. målinger	Mjåvann - N	Mjåvann - H	Mjåvann - S	Bjorendalstjern
1988	8	49	28	10	4
1989	8	5	3	3	19
1990	8	68	32	19	21
1991	10	15	3	2	2
1992	10	41	37	5	
1993	7-10	17	8	2	1
1994	7-10	7	2	3	0
1995	5-7	25	31	7	2
1996	6	66	25	9	4

2.3 Kjemiske analyser fra grunnvannsbrønnene

For å kunne registrere eventuelle endringer i grunnvannskvaliteten nedstrøms Heftingsdalen, er det satt ned to peilerør mellom søppelplassen og innsjøen. I 1996 er det analysert i alt 5 prøver fra disse grunnvannsbrønnene.

Resultatene fra de kjemiske analysene av grunnvannsbrønnene i 1996 viste ingen vesentlige endringer sammenlignet med de foregående år for de fleste parametre (**Tabell 7, Tabell 8**). De forhøyede nitrogen-konsentrasjonene fra 1995 er imidlertid opprettholdt i Brønn-V og ytterligere økt i Brønn-Ø. Den gjennomsnittlige nitrogenkonsentrasjonen i Brønn-Ø er nå drøyt 6 ganger konsentrasjonen i overflaten av Mjåvann. Middelkonsentrasjonene av bly, kadmium og kvikksølv har holdt seg på et konstant lavt nivå siden overvåkingen startet i 1993. Verdiene i 1996 lå under Folkehelsas krav til drikkevann (kranvann) for alle tre parametre (SIFF 1987).

Med unntak av de høye nitrogenkonsentrasjonene skiller vannkvaliteten i grunnvannsbrønnene seg lite fra vannkvaliteten i selve innsjøen. Det er derfor foreløpig liten fare for at vannmassene forurenses via grunnvannet. Det er imidlertid grunn til å følge vannkvaliteten både i Mjåvann og i grunnvannsbrønnene for å registrere eventuelle endringer i dette forholdet over tid. Utviklingen av nitrogenkonsentrasjonen i grunnvannet og i Mjåvann bør følges spesielt nøye framover.

2.4 Kjemiske analyser av overvann som ledes til kommunalt avløpsnett.

I henhold til utslippstillatelsen for søppelfyllplassen skal det tas prøver av overvannet som samles opp ved hjelp av en fangdam og ledes til kommunalt avløpsnett. Hensikten med dette er å karakterisere vannet som tas inn på det kommunale avløpsnettet, samt å ha en dokumentasjon på overvannskvaliteten ved en eventuell lekkasje til Mjåvann. I 1996 ble det i alt tatt 5 prøver av dette overvannet.

Konsentrasjonene i overvannet varierer svært mye, trolig som følge av varierende nedbørforhold. Pga. tekniske vansker ble det ikke foretatt målinger av overvannsmengder i 1996. Prøvene i 1996 var preget av stor variasjon. F.eks. mai-prøven hadde svært høye konsentrasjoner av bl.a. total fosfor, jern, bly, kadmium og kvikksølv (**Tabell 7**). Selv om disse verdiene må karakteriseres som ekstreme, ble det målt tilsvarende konsentrasjoner under en episode i 1990 (Kroglund og Hindar 1990). I forkant av prøvetakingen i mai 1996 hadde det vært en lang tørrværsperiode (**Figur 2**) etterfulgt av en nedbør-episode (20 mm).

På grunn av de nevnte ekstremverdiene gir ikke middelveiden et representativt bilde av situasjonen, hverken i 1990 eller i 1996. Det er derfor valgt å benytte medianverdien ved vurdering av utviklingen siden 1988 (**Tabell 9**). Medianverdiene for total fosfor, total nitrogen, bly og kadmium i 1996 er blant de høyeste som er målt i overvåkingsperioden. Spesielt bør en være oppmerksom på utviklingen mht. tungmetallene bly og kadmium ved den videre overvåkingen. Høye medianverdier også i 1990 understreker imidlertid at variasjonen er stor og at det er vanskelig på registrere trender i materialet. Fra og med 1997 vil de kjemiske målingene av overvannet bli supplert med vannføringsmålinger, slik at en kan relatere konsentrasjonene til vannmengde.

Faren for forurensning av Mjåvann fra Heftingsdalen søppelfyllplass vil være liten, så lenge overvannet ledes utenom innsjøen. Høye verdier i prøvene viser imidlertid at konsekvensene for Mjåvann kan bli merkbare dersom det oppstår et nytt overløp av noe størrelse.

Tabell 7. Kjemiske analyser fra grunnvannsbrønner og sivevann i 1996.

Dato	Kond mS/m	Tot-P µg/l	NH ₄ -N µg/l	Tot-N µg/l	TOC mg/l	Tot-Fe µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Hg µg/l
Brønn-V									
06/02/96	7,09	14	60	2350	4,4	430	6,25	0,34	<0,5
09/05/96	6,31	12	25	1450	3,9	235	4,40	0,13	<0,5
19/06/96	12,60	7	5	615	2,0	65	0,81	<0,10	<0,5
19/08/96	10,10	30	10	3300	6,6	315	1,91	0,11	<0,5
02/10/96	6,46	32	50	1150	22,0	350	5,00	0,35	<0,5
Middel	8,51	19	30	1773	7,8	279	3,67	0,21	<0,5
Brønn-Ø									
06/02/96	13,70	17	5	5200	3,0	965	5,62	<0,10	<0,5
09/05/96	10,50	15	15	7110	3,9	225	3,48	<0,10	<0,5
19/06/96	9,74	7	20	5350	4,0	210	1,04	<0,10	<0,5
19/08/96	19,70	27	5	525	1,2	165	5,60	0,23	<0,5
02/10/96	5,56	31	30	980	8,5	700	2,68	0,14	<0,5
Middel	11,84	19	15	3833	4,1	453	3,68	0,13	<0,5
Overvann									
06/02/96	299,00	4150	150000	185000	154,0	65000	37,40	0,48	1,3
09/05/96	198,00	130000	84000	295000	104,0	510000	790,00	26,80	9,7
19/06/96	410,00	1400	230000	230000	143,0	44000	2,45	0,44	<0,5
19/08/96	505,00	1900		210000	180,0	18500	114,00	3,32	<0,5
02/10/96	214,00	5810	119000	131000	113,0	20800	16,50	2,05	<0,5
Median	299,00	4150	134500	210000	143,0	44000	37,40	2,05	<0,5

Tabell 8. Årsmidler fra grunnvannsbrønner og sivevann i perioden 1988-1996.

Dato	Antall prøver	Kond mS/m	Tot-P µg/l	NH ₄ -N µg/l	Tot-N µg/l	TOC mg/l	Tot-Fe µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Hg µg/l
Brønn-V										
1988	6	12,75	19	19	586		198			
1990	6	8,53	25	35	1048	5,4	432	9,78	0,25	0,20
1991	6	10,85	18	26	667	2,7	305	1,72	0,15	0,05
1993	5	9,20	22	23	583	4,6	463	6,24	0,15	<0,5
1994	7	9,53	21	25	983	4,0	476	5,95	0,24	<0,5
1995	6	11,47	27	12	2297	3,6	460	5,11	0,23	0,72
1996	5	8,51	19	30	1773	7,8	279	3,67	0,21	<0,5
Brønn-Ø										
1988	6	15,63	40	50	6640		576			
1990	6	7,85	29	36	1455	4,4	361	8,58	0,19	0,20
1991	6	7,17	46	63	1060	4,0	533			0,05
1993	5	7,50	24	31	1119	5,3	733	4,53	0,16	<0,5
1994	7	6,85	26	45	1281	4,6	730	8,71	0,21	<0,5
1995	6	8,85	24	9	1860	5,2	378	4,41	0,20	<0,5
1996	5	11,84	19	15	3833	4,1	453	3,68	0,13	<0,5

Tabell 9. Årsmedian-verdier fra overvann i perioden 1988-1996.

Dato	Antall prøver	Kond mS/m	Tot-P µg/l	NH₄-N µg/l	Tot-N µg/l	TOC mg/l	Tot-Fe µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Hg µg/l
Overvann										
1988	5	80,60	200	15000	21200		17100	5,00	0,57	
1990	6	286,25	3630	126850	159950	106,5	74500	39,50	0,91	0,20
1991	6	282,00	1840	133000	142000	109,5	13700	8,87	0,72	0,20
1993	5	231,00	1710	98600	148000	102,0	13300	5,88	0,61	0,27
1994	6	305,80	2195	173500	177000	190,0	23300	13,10	0,42	0,50
1995	8	201,00	990	105000	106000	124,0	20200	34,30	1,11	0,50
1996	5	299,00	4150	134500	210000	143,0	44000	37,40	2,05	0,50

3. Litteratur

- Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. NIVA-rapport, løpenr. 2001, 44 s.
- Boman, E. 1982. Mjåvann. En vurdering av resipientforhold i forbindelse med planlagt søppelfyllplass i Heftingsdalen, Moland og Arendal. NIVA-notat O-82115, 19 s.
- Cronberg, G., G. Lindmark, S. Bjørk. 1988. Mass development of the flagellate *Gonyostomum semen* (Raphidophyta) in Swedish forest lakes - an effect of acidification ? Hydrobiologia 161: 217-236.
- DNMI 1997. Nedbørhøyder for 1996 fra meteorologisk stasjon Arendal brannstasjon, samt normalperioden 1961-1990. Det norske meteorologiske institutt, Oslo.
- Hindar, A. 1988. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1987. NIVA-rapport, løpenr. 2112, 17 s.
- Hindar, A. 1989. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1988. NIVA-rapport, løpenr. 2249, 21 s.
- Hindar, A. 1992. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1991. NIVA-rapport, løpenr. 2767, 25 s.
- Holtan, H. og D.S. Rosland. 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning nr. 92:06, TA-905/1992, 32 s.
- Hongve, D., Ø. Løvstad og K. Bjørndalen. 1988. *Gonyostomum semen* - a nuisance to bathers in Norwegian lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol. 23: 430-434.
- Kaste, Ø. 1994. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1992 og 1993. NIVA-rapport nr. 3023, 19 s.
- Kaste, Ø. 1995a. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1994. NIVA-rapport nr. 3243, 26 s.
- Kaste, Ø. 1995b. Oversvømmelsen i Heftingsdalen i september 1995. Beregning av forurensningstransport til Mjåvann og vurdering av vannkvaliteten i innsjøen i tiden etter oversvømmelsen. Notat til Arendal kommune 17/11-95, 7 s.
- Kaste, Ø. 1996. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1995. NIVA-rapport nr. 3433, 22 s.
- Kroglund, F og A. Hindar. 1990. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1989. NIVA-rapport, løpenr. 2437, 12 s.
- Kroglund, F og A. Hindar. 1991. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1990. NIVA-rapport, løpenr. 2564, 20 s.
- Lande, A. 1986. Mjåvann - Songevassdraget. Overvåkingsundersøkelse 1986. Fysisk - kjemiske, biologiske og bakteriologiske undersøkelser. NIVA-notat O-85063, 20 s.
- Lande, A. og E. Boman. 1986. Mjåvann - Songevassdraget 1985. Undersøkelser i vassdraget, før anleggelse av søppelfyllplassen i Heftingsdalen. NIVA-notat O-85063, 19 s.
- SIFF. 1976. Kvalitetskrav til vann. Statens institutt for folkehelse. 52 s.
- SIFF. 1987. Kvalitetsnormer for drikkevann. G2. Statens institutt for folkehelse. 72 s.
- Statens Helsetilsyn. 1994. Nye kvalitetsnormer for friluftsbad. Rundskriv IK-21/94.

Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem

Klassifisering av tilstand.

På grunnlag av målte konsentrasjoner kan tilstandsklassen bestemmes ut fra tabellen nedenfor. Tilstandsklassen tar ikke hensyn til hvorvidt de målte konsentrasjonene er høyere eller lavere enn bakgrunnskonsentrasjonen. SFTs veileder inneholder også et verktøy for å vurdere egnethet av vannet for ulike brukerinteresser som drikkevann, jordvanning, friluftsbad og rekreasjon, fiskeoppdrett og sportsfiske.

Tabell 10. Klassifisering av vannkvalitetstilstand i ferskvann. Et utvalg av de viktigste parametrene. Utdrag fra SFTs veileder fra 1992 (Holtan og Rosland 1992).

Virkninger av:	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "God"	II "Mindre god"	III "Nokså dårlig"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Næringssalter	Totalfosfor ($\mu\text{g P/l}$)	<7	7-11	11-20	20-50	>50
	Klorofyll a ($\mu\text{g kl.a/l}$)	<2	2-3,7	3,7-7,5	7,5-20	>20
	Siktedyp (m)	>7	4-7	2-4	1-2	<1
	Oksygenmetning (%)	>80	50-80	30-50	15-30	<15
Organiske stoffer	TOC (mg C/l)	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	KOF _{Mn} (mg O/l)	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	Fargetall (mg Pt/l)	<15	15-25	25-40	40-80	>80
	Oksygenmetning (%)	>80	50-80	30-50	15-30	<15
Forsurende stoffer	Alkalitet (mmol/l)	>0,2	0,05-0,2	0-0,05	0	0
	pH	>6,7	6,0-6,7	5,3-6,0	4,7-5,3	<4,7
Miljøgifter	Kobber ($\mu\text{g Cu/l}$)	<2	2-5	5-15	15-20	>50
	Sink ($\mu\text{g Zn/l}$)	<10	10-30	30-60	60-110	>110
	Kadmium ($\mu\text{g Cd/l}$)	<0,04	0,04-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5
	Bly ($\mu\text{g Pb/l}$)	<1	1-3	3-5	5-10	>10
	Nikkel ($\mu\text{g Ni/l}$)	<3	3-10	10-30	30-100	>100
	Krom ($\mu\text{g Cr/l}$)	<1	1-3	3-10	10-50	>50
	Kvikksølv ($\mu\text{g Hg/l}$)	<0,01	0,01-0,04	0,04-0,1	0,1-0,3	>0,3
	Aluminium ($\mu\text{g Al/l}$)	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Jern ($\mu\text{g Fe/l}$)	<50	50-100	100-300	300-600	>600
	Mangan ($\mu\text{g Mn/l}$)	<20	20-50	50-100	100-150	>150
Partikler	Turbiditet (FTU)	<0,5	0,5-1	1-2	2-5	>5
	Suspendert stoff (mg/l)	<1,5	1,5-3	3-5	5-10	>10
	Siktedyp (m)	>7	4-7	2-4	1-2	<1
Tarmbakterier	Termotabile koli. bakt. (antall/100 ml) v/44°C	<5	5-50	50-200	200-1000	>1000